

Pengaruh Underlayer Pd Terhadap Medan Koersive Lapisan Tipis Multilayer Co/Pd Dengan Magnetisasi Tegaklurus

Pd Seed Under-layer Effect on Coercive Field of Perpendicularly Magnetized Co/Pd Multilayer Films

Budi Purnama

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sebelas Maret

ABSTRACT

Coercive field, H_c dependence of Pd seed under layer has been investigated for Co/Pd multilayer with perpendicular anisotropy magnetic. Structured Co/Pd multilayer fabricated by DC sputtering machine on glass substrate. Results indicated that Pd seed under layer of 50 Å thicknesses successfully increased H_c from 800 Oe to 1600 Oe. The results could be related to the Co/Pd multilayered grain to grow separately leading exchange de-coupling effect, beside the increase of surface interaction.

Keywords: Multilayer, perpendicular anisotropy magnetic, coercive field

PENDAHULUAN

Sejak penemuan pertama kali pada tahun 1985 (Carcia *et al.* 1985), lapisan multilayer Co/Pd dengan anisotropi magnetik tegaklurus bidang permukaan menjadi perhatian para peneliti. Karakter anisotropi magnetiknya yang kuat membuka peluang material ini dapat dipola (*pattern*) dengan ukuran yang sangat kecil tanpa kehilangan karakter magnetiknya karena efek panas. Sehingga hal ini dapat membuka peluang diaplikasikan sebagai medium perekaman dengan kerapatan sangat tinggi atau memori magnetik.

Secara umum karakter anisotropi magnetik bahan dilukiskan dengan konstanta anisotropi (K). Untuk bahan magnetik, konstanta anisotropi tegaklurus (K_{\perp}) dapat diungkapkan dengan persamaan

$$K_{\perp} = -(2K_s + K_v d + 2\pi M_0^2 d) / \lambda \quad (1)$$

K_{\perp} adalah konstanta anisotropi arah tegaklurus, K_s adalah energi interface antar dua lapisan, K_v adalah anisotropi volume dan $2\pi M_0^2 d$ adalah *shape* anisotropi Co. Persamaan di atas secara tegas menyatakan bahwa keseimbangan ketiga faktor penyusun anisotropi tegaklurus akan menentukan kuat anisotropi total.

Persamaan 1 juga mengindikasikan bahwa interaksi antar dua lapisan menjadi salah satu faktor penting terciptanya anisotropi tegaklurus yang sangat besar. Hal ini membuka studi

perbaikan interaksi antar dua lapisan dengan menambah lapisan *under layer* guna meningkatkan derajat kerataan permukaan (*roughness*) sekaligus perbaikan struktur kristal bahan. Beberapa lapisan yaitu Pd-SiN (Matsunuma *et al.* 2002), PtB/Pd/MgO (Nakagawa *et al.* 2003), PdSi (Kawaji *et al.* 2004), W/Au (Egelhoff *et al.* 2005), Ta (Roy *et al.* 2001) telah dilaporkan sebagai lapisan *under layer* multilayer Co/Pd. Pd sebagai lapisan *under layer* menarik untuk dikaji lebih lanjut mengingat unsur Pd menjadi salah satu penyusun komposisi struktur multilapis Co/Pd. Untuk lebih detail mengetahui efek lapisan *under layer* Pd pada multi lapis Co/Pd dengan arah tegaklurus, eksperimen ini didesain. Karakterisasi sifat magnet dilakukan dengan *vibrating sample magnetometer* (VSM) serta investigasi struktur kristal yang terbentuk diamati dengan *x-ray diffraction* (XRD).

METODE

Struktur multilayer lapisan tipis Co/Pd dalam eksperimen ini difabrikasi dengan teknik DC magnetron sputtering pada substrat kaca berdimensi 1,0 cm × 1,0 cm. Sebelum substrat kaca digunakan terlebih dahulu dibersihkan dengan prosedur sebagai berikut. Mula-mula, substrat kaca dicuci pada kondisi panas (120°C) di dalam larutan *stripping* selama 10 menit. Kemudian substrat dicuci dengan alkohol 99,98 % dan dibilas dengan acetone 99,98% sebanyak tiga kali. Setelah itu, substrat kaca dimasukkan dalam *acetone* dan dibersihkan dengan *ultrasonic cleaner* selama 10 menit. Selanjutnya dibilas sebanyak tiga kali dengan *ion exchange water*. Prosedur berikutnya, substrat dimasukkan

dalam larutan alkohol 99,98% dan dicuci dengan *ultrasonic cleaner* selama 10 menit. Untuk menghilangkan stress, di akhir prosedur pencucian, substrat dipanaskan dalam oven pada suhu 250°C selama 30 menit.

Pada proses penyiapan sampel, multilayer Co/Pd difabrikasi dari dua buah sumber target berbeda, yaitu target Co dan Pd yang ditempatkan terpisah pada dua sumber target berbeda. Tekanan latar *chamber* sebelum deposisi divakumkan hingga di bawah level $5,0 \times 10^{-7}$ Torr. Tekanan *chamber* selama proses deposisi adalah 20 mTorr. Selama proses fabrikasi, substrat diletakkan pada sample holder yang diputar dengan kecepatan 50 rpm di sekitar target Co dan Pd dengan pengendali komputer. Daya listrik yang dipakai selama deposisi adalah 30 watt untuk target Co dan 40 watt untuk target Pd. Kondisi deposisi ini akan menghasilkan laju sputtering (*sputtering rate*) 1,0 Å/s untuk Co dan 0,36 Å/s. Ketebalan dapat dihitung berdasar kenyataan bahwa lama deposisi dengan ketebalan bergantung secara linear.

Guna mengamati efek lapisan *under layer* Pd, struktural multilayer $\text{Pd}(t_{\text{Pd}} \text{ Å})[\text{Co}(1,7 \text{ Å})/\text{Pd}(8,0 \text{ Å})]_{10}$ difabrikasi untuk t_{Pd} bervariasi dari 0 - 200 Å. Karakteristik *perpendicular magnetic anisotropy* dievaluasi memakai *vibrating sample magnetometer* (VSM) dengan arah medan pengimbas tegak lurus terhadap permukaan lapisan tipis. Sedangkan struktur kristal lapisan tipis diamati dengan *X-ray diffraction* (XRD) menggunakan sumber radiasi K_{α} dari katoda Cu yang memiliki panjang gelombang sekitar 1,54 angstrom. Untuk mengetahui secara detail perubahan struktur akibat penambahan lapisan *under layer*, step sudut scan XRD dipilih sangat halus yaitu 0,25°. Semua proses karakterisasi dalam eksperimen ini dilakukan pada suhu ruang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tipikal kurva *hysteresis* $\text{Pd}(t_{\text{Pd}} \text{ Å})[\text{Co}(1,7 \text{ Å})/\text{Pd}(8,0 \text{ Å})]_{10}$ ditunjukkan pada Gambar 1a. Kurva ini melukiskan proses magnetisasi sampel dengan arah anisotropi tegaklurus permukaan lapisan. Saat sampel diimbas dengan medan yang sangat kuat (4,0 kOe), orientasi magnetisasinya memiliki kecenderungan searah dengan medan pengimbas. Kemudian medan pengimbas (H) perlahan-lahan diturunkan hingga nol. Ternyata terdapat *magnetisasi sisa* yang nilainya hampir sama saat kondisi termagnetisasi maksimum. Lalu pengukuran dilanjutkan untuk polaritas medan negatif. Ketika $H = -800$ Oe (untuk sampel tanpa lapisan *under layer*), magnetisasi sisa dapat dikompensasi menjadi nol dan kemudian arah magnetisasi berubah arah secara drastik ke arah negatif. Dengan kalimat lain, sample magnetik mengalami magnetisasi

reversal. Selanjutnya medan dinaikkan hingga maksimum arah negatif yaitu 4,0 kOe. Bila kemudian medan pengimbas dikurangi hingga 0 serta kemudian polarisasi medan dibalik menjadi positif serta dinaikkan hingga 4,0 kOe, maka sebuah *square* kurva *hysteresis* terbentuk. Tipikal kurva ini teramati konsisten untuk variasi ketebalan lapisan *under layer*. Bentuk kurva *hysteresis* tersebut menerangkan bahwa magnetisasi berlangsung sangat cepat melalui pembentukan dinding domain (*domain wall*) dilanjutkan propagasi. Material dengan karakteristik seperti ini membuka peluang untuk aplikasi spin elektronik (medium perekaman, memori magnetik).

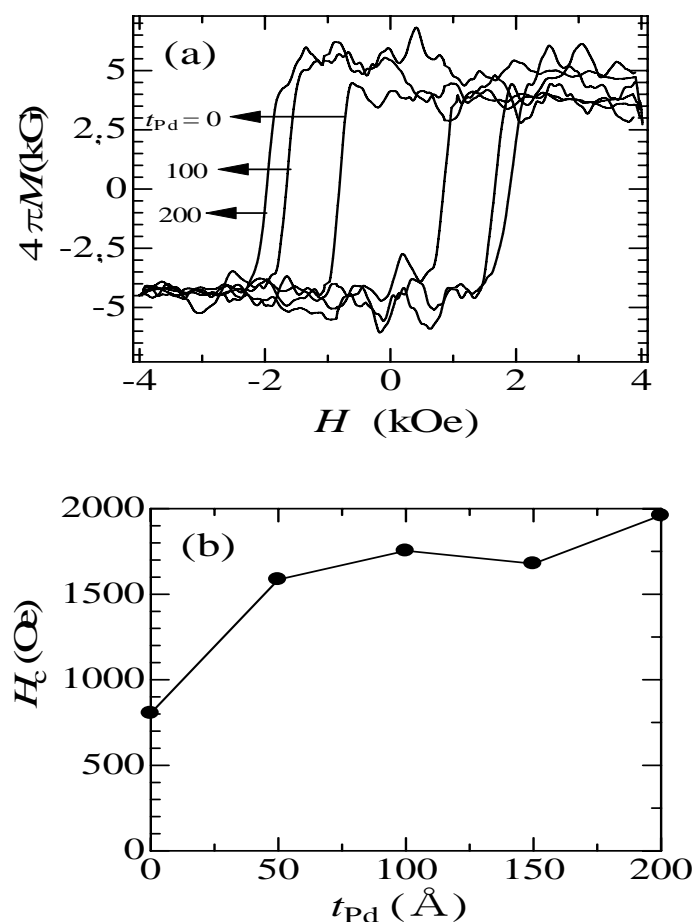
Gambar 1b menunjukkan H_c sebagai fungsi ketebalan lapisan *under layer* t_{Pd} . H_c meningkat secara monoton dengan kenaikan t_{Pd} . Mula-mula $H_c = 800$ Oe ketika $t_{\text{Pd}} = 0$ Å kemudian meningkat menjadi kurang lebih 1600 Oe untuk $t_{\text{Pd}} = 50$ Å. Selanjutnya H_c bertambah sedikit di sekitar nilai ini dengan kenaikan t_{Pd} . Hal ini dapat dijelaskan dengan teori pembentukan lapisan tipis sebagai berikut. Di permulaan pembentukan lapisan tipis, ion-ion Co dan Pd sesaat setelah tersputter dari target akan membentuk alloy ketika sampai di substrat. Alloy tersebut terbentuk dalam partikulat dan kemudian bergabung menjadi pulau (*island*). Jika telah terbentuk banyak pulau, maka pulau-pulau tersebut bergabung menjadi lapisan tipis *kontinue*. Tentu saja karakteristik bahan akan ditentukan tahapan proses mikrostruktur dan karakter bahan akan relatif konstan apabila penyusun mikrostruktur sudah stabil.

Kaitannya dengan lapisan *under layer* Pd pada struktur multilayer Co/Pd adalah keberadaan lapisan *under layer* Pd berperan untuk memperbaiki lapisan yang *gagal* di permulaan proses penumbuhan akibat ketidaksempurnaan interaksi permukaan (*surface interaction*). Dengan menyisipkan lapisan *under layer* Pd, mikrostruktur yang baik (*fine-microstructure*) pada aspek *roughness* dan *flatness* segera bisa diperoleh, akhirnya lapisan multilayer dengan interaksi antar bi-layer yang super akan diperoleh. Selain itu, keberadaan kluster/pulau Pd underlayer menyebabkan *grain* multilayer Co/Pd tumbuh secara diskret. Sehingga karakteristik magnetik multilayer Co/Pd terealisasi dalam kurva *square hysteresis* dengan H_c yang besar akibat *exchange*

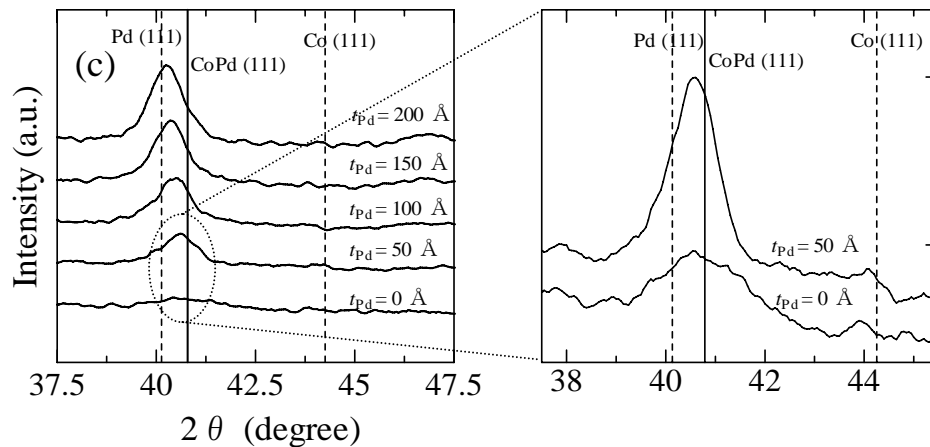
decoupling interaction (Tanaka *et al.* 2005). Kenyataan ini terefleksi pada gambar hubungan H_c versus t_{Pd} di atas.

Konfirmasi mikrostruktur lapisan Co/Pd melalui karakterisasi difraksi sinar-X ditunjukkan pada Gambar 2a. Gambar 2b adalah gambar perbesaran spektrum XRD Co/Pd tanpa dan dengan lapisan under layer $t_{Pd} = 50 \text{ \AA}$. Teramati dengan jelas bahwa peningkatan t_{Pd} mendorong puncak spektrum karakteristik XRD mendekati puncak asli unsur Pd. Pada spektrum juga tidak teramati adanya puncak karakteristik lain yang mengindikasikan keberadaan unsur atau paduan lain selama proses penumbuhan lapisan tipis. Ketika $t_{Pd} = 0 \text{ \AA}$, intensitas puncak

karakteristik XRD masih rendah dan melebar. Namun dengan menambah lapisan under layer Pd $t_{Pd} = 50 \text{ \AA}$, puncak spektrum XRD menjadi semakin karakteristik dan intensitasnya bertambah besar dengan sedikit bergeser ke arah puncak unsur Pd. Kejadian ini terus berlangsung dengan peningkatan ketebalan t_{Pd} . Kenyataan ini berarti lapisan underlayer Pd berhasil memperbaiki mikrostruktur lapisan tipis Co-Pd meskipun dikompensasi dengan bergesernya sudut puncak spektrum. Namun demikian, karena Pd adalah unsur tanah jarang dan non-magnetik, pergeseran orientasi ini tidak menimbulkan perubahan watak magnetik seperti ditunjukkan pada kurva hysteresis pada Gambar 1.



Gambar 1. a). Tipikal kurva *hysteresis* lapisan tipis Pd($t_{Pd} \text{ \AA}$)[Co(1,7 Å)/Pd(8,0 Å)]₁₀ untuk lapisan under layer $t_{Pd} = 0, 100$ dan 200 \AA . b). Kurva hubungan coercive field H_c terhadap t_{Pd} .



Gambar 2. a). tipikal spectrum XRD multilayer Pd(t_{Pd} Å)[Co(1,7 Å)/Pd(8,0 Å)]10 b). perbandingan spektrum puncak sampel multilayer tanpa dan dengan lapisan under layer Pd t_{Pd} = 50 Å.

KESIMPULAN

Pengaruh lapisan underlayer Pd terhadap medan koersive pada struktur multilayer Co/Pd dengan magnetisasi tegak lurus telah diinvestigasi. Hasil eksperimen menegaskan bahwa penambahan underlayer 50 Å dapat meningkatkan medan koersive dari 800 Oe menjadi 1600 Oe. Peningkatan drastik nilai H_c karena exchange decoupling akibat Pd under layer mendorong grain multilayer CoPd tumbuh dalam wujud diskret. Selain itu, peningkatan interaksi interlayer akibat perbaikan struktur kristal Co/Pd juga menjadi salah satu faktor seperti yang jelas ditunjukkan pada hasil spektrum XRD.

DAFTAR PUSTAKA

- Carcia PF, Meinhaldt AD, & Suna A. 1985. Perpendicular magnetic anisotropy in Pd/Co thin film layered structures. *Appl. Phys. Lett.*, **47** p: 178-180.
- Egelhoff WF-Jr, McMichael RD, Mallett JJ, Shapiro J, Powell CJ, Bonevich JE, Judy JH, Thomas JH, & Svedberg EB. 2005. Origin of exchange decoupling effects in high-coercivity air-annealed CoPd multilayers. *J. Appl. Phys.* **97**: 10J104(1-3).
- Kawaji J, Asahi, Hashimoto H, Hokkyo J, Ouchi K, Osaka T, Matsunuma S, Sáfrán G, Ariake J, & Ouchi K. 2004. Microstructure and magnetic properties of a Co/Pd multilayer on a controlled Pd/Si seed layer for double-layered perpendicular magnetic recording media. *J. Appl. Phys.* **95**(12): 8023-8025.
- Matsunuma S, Yano A, Fujita E, Onuma T, Takayama T, & Ota N. 2002. Co/Pd multilayer media with Pd inorganic granular seed layer for perpendicular recording. *J. Appl. Phys.* **91**(10): 8073-8075.
- Nakagawa H, Takekuma T, Nemoto H, Takahashi Y, Hirayama Y, Nishida Y, & Hosoe Y. 2003. CoB/Pd multilayers with PtB/Pd/MgO intermediate layers for perpendicular magnetic recording. *IEEE Trans. Magn.* **39**(5): 2311-2313.
- Roy AG, Laughlin DE, Klemmer TJ, Howard K, Khizroev S, & Litvinov D. Seed-layer effect on the microstructure and magnetic properties of Co/Pd multilayers. *J. Appl. Phys.* **89**(11): 7531-7533.
- Tanaka M, Kawaji J, Kimura K, Asahi T, Homma T, Matsunuma S, Osaka T. 2005. Microstructure of a Co/Pd multilayered perpendicular recording medium with Pd seeds prepared by electrochemical process. *J. Magn. Magn. Mater.* **115**: 188-192.